



Licence Sciences et Techniques (LST)

GENIE CHIMIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

LES EFFETS DE LA CHLORATION SUR LA SOURCE d'AIN CHKEF

Présenté par :

- ◆ **BENNOUNA Kaoutar**

Encadré par :

- ◆ **M^{me}. R.OUZZANI (Société)**
- ◆ **Pr. A. OULMEKKI (FST)**

Soutenu le 15 juin 2015 devant le jury composé de:

- **Pr. A. OULMEKKI**
- **Pr .F.H.EL GHADRAOUI**
- **Pr. B. IHSSANE**

**Stage effectué à laboratoire de contrôle de qualité de l'eau potable
(RADEEF)**

Année Universitaire 2014 / 2015

Remerciements

À mes encadrants :

Monsieur A.OULMEKKI

Professeur universitaire à la FST de Fés

Je suis très reconnaissante du grand honneur que vous me faites en acceptant de m'encadrer au cours de ce projet de fin d'études.

Aussi, je suis très sensible pour votre générosité, votre bienveillance, votre simplicité ainsi que votre savoir faire dont j'ai pu profiter et qui m'a été d'une grande aide tout au long du parcours de ce projet.

Je vous remercie également pour votre disponibilité, pour la confiance que vous avez su m'accorder, vos explications et pour tous les conseils que vous m'avez prodigué pour la réalisation de ce travail.

De plus, votre présence parmi les membres de ce jury m'envoie ravie et reconnaissante de votre soutien, votre estime et votre intérêt pour ce travail.

Veillez Mr, trouver ici l'expression de ma haute considération et de mon plus grand respect.

Madame R. OUZZANI

Chef de bureau d'analyse physico-chimique

Je suis très reconnaissante de votre orientation judicieuse et de vos précieux conseils.

Je vous adresse mes vifs remerciements pour votre bienveillance, vos qualités humaines et d'avoir bénéficier de votre savoir et de votre grande expérience qui resteront pour moi un modèle.

Veillez accepter, ici le témoignage de mes respects et mes remerciements les plus sincères.

À mes examinateurs du projet de fin d'études

Monsieur F.H. ELGHADRAOUI

Professeur universitaire à la FST de Fés

Votre compétence professionnelle, ainsi que vos qualités humaines ont suscité ma grande administration.

Je tiens également à vous remercier sincèrement pour votre aide et vos conseils lors de la réalisation du présent travail.

Veillez accepter ma gratitude et mes remerciements les plus respectueux.

Monsieur B. IHSSANE

Professeur universitaire à la FST de Fés

Je suis infiniment reconnaissante du grand honneur que vous me faites en acceptant aimablement de siéger au sein de mon jury.

J'ai été très sensible à l'intérêt que vous avez apporté à ce projet.

Veillez trouver ici, l'expression de ma grande estime et ma sincère reconnaissance.

**Aux personnels du laboratoire d'analyse et de contrôle de
qualité d'eau**

Je tiens à remercier tous les membres du personnel de la RADEEF, en particulier, mesdames **N.ATMANI, Z.EL MEKKOUDI, O.SAIDI, R.BOUZBIBA**, qui ont été toujours à l'écoute et disponibles tout au long de la réalisation de ce mémoire et qui ont accepté de répondre à mes questions avec gentillesse, ainsi que l'inspiration, l'aide et le temps qu'elles m'ont consacrés.

À

L'ensemble des professeurs

de la faculté des sciences et techniques de Fès

qui ont participé à ma formation.

Sommaire

Introduction.....	3
Avant-propos.....	4
Présentation de la société R.A.D.E.E.F	5
1. Historique de la R.A.D.E.E.F.....	5
2. Laboratoire de la RADEEF :.....	5
3. Organigramme du Laboratoire Contrôle Qualité des Eaux :	7
Présentation de la source AIN CHKEF.....	8
Partie théorique	9
1. L'eau et ses différents types :	10
a) Eau souterraine :	10
b) Eau de surface :	10
c) Eau de mer :	10
2. Le cycle de production d'eau potable :	11
3. Les sources d'eau potables à Fès	12
Partie expérimentale.....	14
Chapitre I: Traitement de l'eau par chloration	15
1. La désinfection :	15
2. Le rôle du chlore dans la désinfection :	15
3. Détermination de degré chlorométrique des eaux de javel :	16
4. La demande en chlore :	17
5. Détermination du chlore résiduel :	18
Chapitre II : Les analyses réalisées	19
1. Prélèvement des échantillons :	19
2. Les analyses physico-chimiques :	19
a) Les analyses organoleptiques :	20
1) Le gout :	20
2) L'odeur :	20
3) La couleur :	20
b) Les analyses physiques :	20

1) La température :	20
2) Le potentiel hydrogène pH :	21
3) La turbidité :	21
4) La conductivité :	21
c) Les analyses chimiques :	22
1) Dosage des chlorures par la méthode de Mohr :	22
2) Dosage des nitrites NO_2^- :	23
3) Dosage des nitrates NO_3^- :	23
4) Dosage de l'ammonium NH_4^+ :	24
5) Dosage des sulfates SO_4^{2-} :	25
3. Les analyses bactériologiques :	25
1) Stérilisation du matériel :	25
2) Les milieux de cultures :	26
3) Les bactéries recherchées :	27
4) Les méthodes employées en analyses bactériologiques :	28
Résultats et interprétations.....	29
CONCLUSION.....	34
Les références.....	35

Introduction

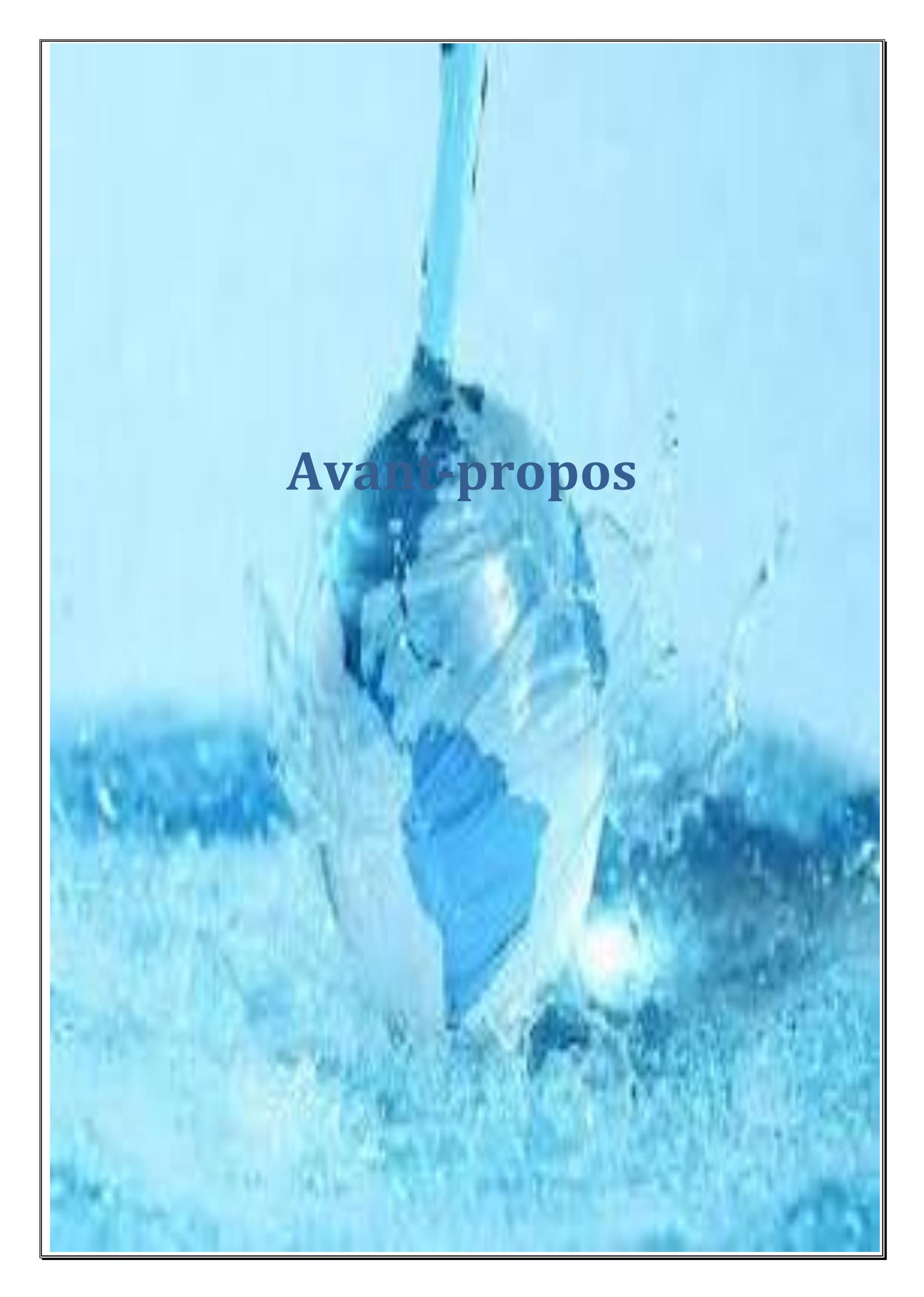
L'eau est un élément essentiel à la vie, non seulement pour l'être humain mais aussi pour tous les types de plantes et d'animaux. Il ne doit pas être un bien marchand mais un patrimoine commun qu'il convient défendre et protéger pour l'intérêt de tous.

La demande en eau dans le milieu urbain a connu un accroissement important suite à un ensemble de facteurs comme la croissance démographique, le développement économique et la sécheresse qu'a connu le Maroc dans les années précédentes.

L'eau peut toutefois présenter plusieurs dangers sur la santé des vivants, à cause des produits toxiques et des bactéries pathogènes qu'elle peut contenir si elle n'a pas été traitée correctement.

Mon sujet porte sur l'analyse d'eau de la source AIN CHKEF avant et après chloration avec la déduction de la possibilité de sa consommation, pour cela nous avons réalisé :

- ❖ Des analyses organoleptiques et physico-chimiques de la source.
- ❖ Des analyses bactériologiques et la désinfection par une simple chloration.

A photograph of a person wearing a blue jacket and a dark hat, climbing a tree trunk. The person is positioned vertically, with their head near the top of the frame and their feet near the bottom. The background is a blurred, natural setting with green foliage. The text "Avant-propos" is overlaid in the center of the image.

Avant-propos

Présentation de la société R.A.D.E.E.F

1. Historique de la R.A.D.E.E.F

La Régie Autonome intercommunale de Distribution d'Eau et d'Electricité de la wilaya de Fès (RADEEF) est un établissement public à caractère industriel et commercial, doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière, placé sous la tutelle du Ministère de l'Intérieur.

La RADEEF a été créé par délibération du Conseil Municipale de la ville de Fès en date du 30 Avril et du 28 Aout 1969 suite a l'expiration de la concession de la distribution d'énergie électricité auparavant exercée par la compagnie Fassie (compagnie française du temps du protectorat).

Actuellement, la RADEEF assure la distribution de l'eau et de l'électricité ainsi que la gestion du réseau d'assainissement liquide l'intérieur de la ville de Fès et de la commune Ain Chkef. Elle est en outre chargée de la distribution de l'eau potable dans les communes urbaines de Sefrou et Bhalil ainsi que dans les communes rurales suivantes : Bir Tam-Tam, Ras Tabouda, Sidi Harazem, Ain Timgnai, Ouled Tayeb, Douar Ait Taleb et Douar Ait El Kadi.

❖ La RADEEF est structurée en trois divisions :

- La division EAU : son but principal est la gestion et l'entretien du réseau d'eau potable de la Wilaya sans oublier l'amélioration des performances des installations et la réalisation des extensions nécessaires.
- La division Electricité : La régie (RADEEF) assure la distribution de l'énergie électrique moyenne tension et basse tension à plus de 1.076.251 habitants répartis sur l'ensemble du territoire de la préfecture de Fès.
- La division Assainissement : elle est chargée de l'exploitation et de l'entretien de réseau d'assainissement liquide et aussi l'étude et la réalisation de nouveaux équipements.

2. Laboratoire de la RADEEF :

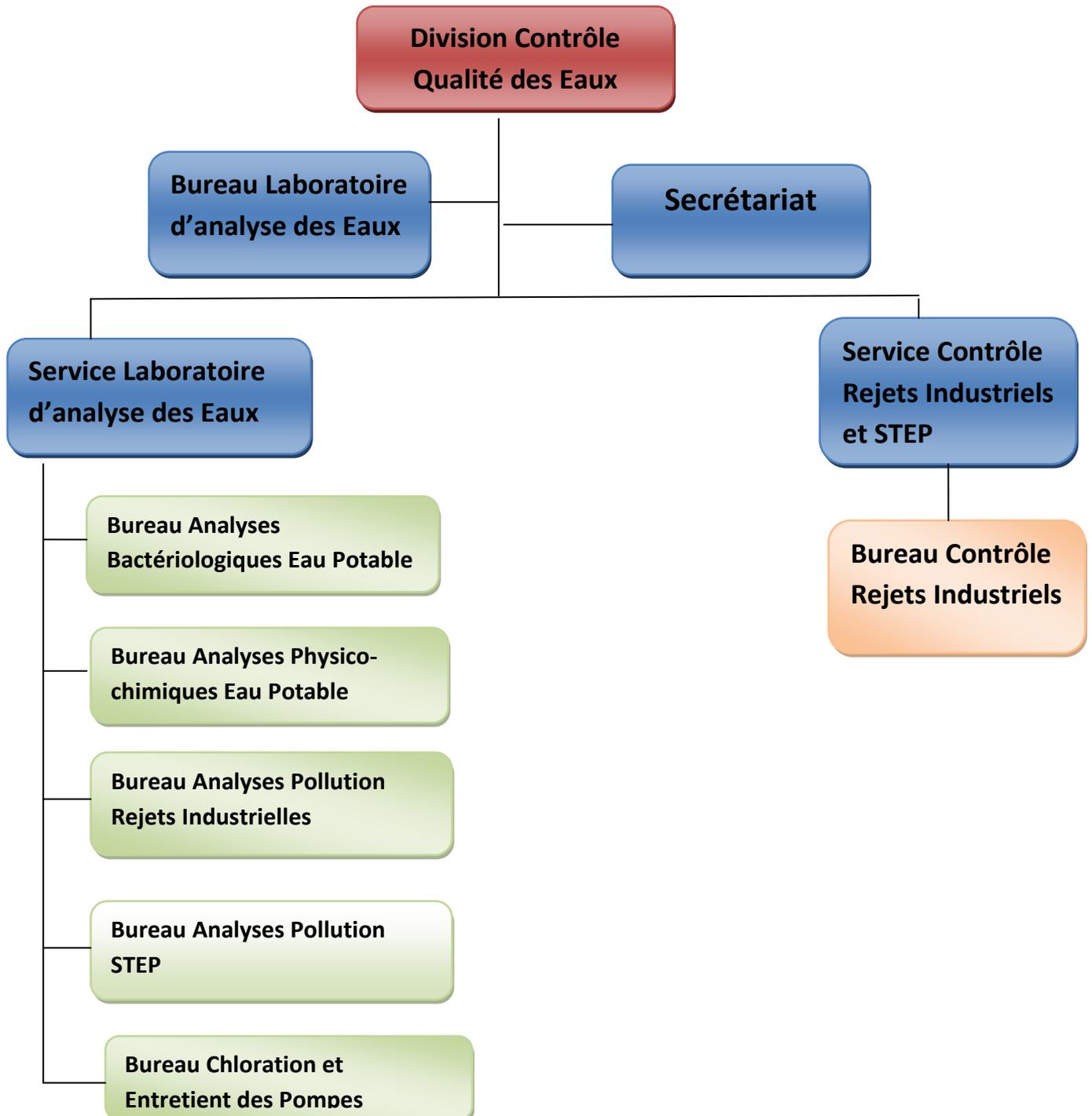
La Régie dispose d'un laboratoire d'analyses, de contrôle et de surveillance de la qualité des eaux, qui a été créé en 1976 au siège de la Régie, puis il a été transféré près du réservoir sud en 1993.

❖ **Les activités du laboratoire de la RADEEF :**

- Le contrôle de la qualité de l'eau distribuée dans la ville de Fès et ses régions. Cette eau distribuée doit répondre aux normes de potabilité selon la norme marocaine et ceci en effectuant des prélèvements des échantillons pour analyses physico-chimique et bactériologique.
- Le contrôle quotidien du chlore résiduel sur l'ensemble du réseau d'eau d'approvisionnement de la ville de Fès et ses régions.
- Le contrôle des opérations de nettoyage et de désinfection des réservoirs et des conduites.
- La réalisation des enquêtes sur la qualité de l'eau lors des réclamations.
- La désinfection de toutes les conduites nouvellement installées afin de garantir une bonne hygiène et respecter les normes internationales en ce sens.



3. Organigramme du Laboratoire Contrôle Qualité des Eaux :



Présentation de la source AIN CHKEF

Situation géographique :

La source d'AIN CHKEF qui a tiré la réputation de la région d'Ain Chkef toute cernée d'arbres, est une source fraîche jaillissant du creux d'une faille qui se localise au plateau du Saiss, juste au quelques kilomètres au sud de la ville de Fès, son débit de pompage est de 450 l/s, elle alimente après chloration la région d'Ain Chkef.

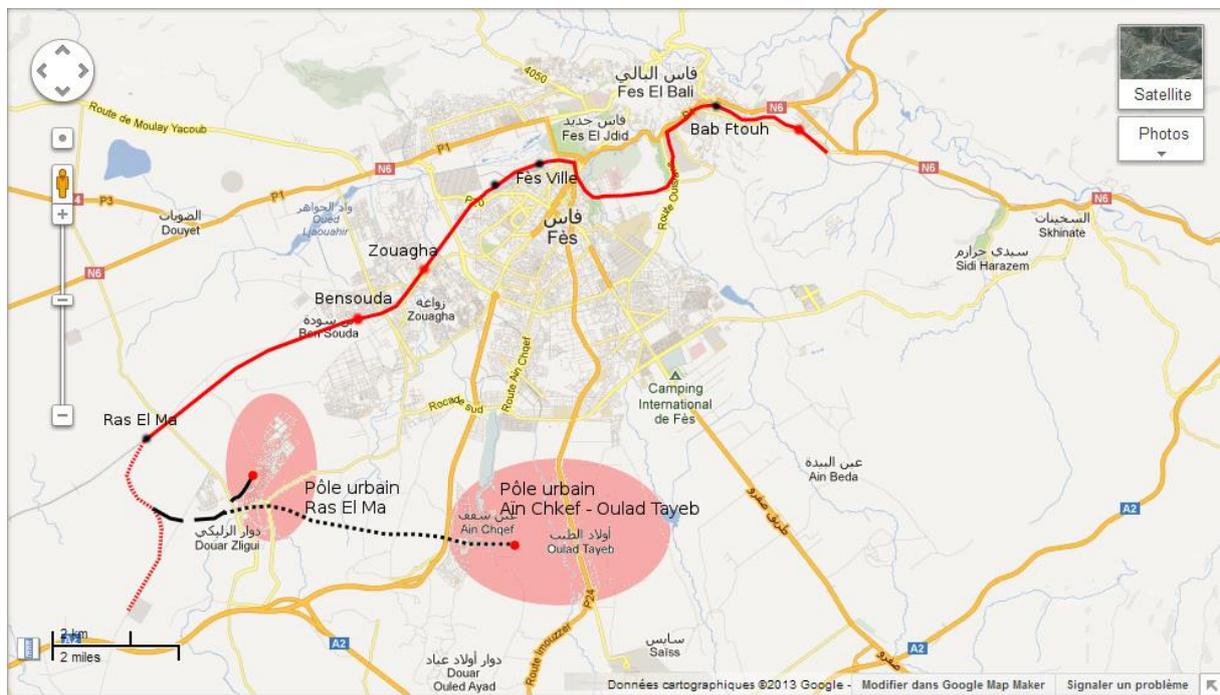


Figure 1 : carte géographique de la source AIN CHKEF

Partie théorique



1. L'eau et ses différents types :

Les réserves disponibles des eaux naturelles sont constituées :

- Des eaux souterraines (infiltrations, nappes),
- Des eaux de surface retenues ou en écoulement (barrages, lacs et rivières),
- Des eaux de mer.

a) Eau souterraine :

Les eaux souterraines, pendant longtemps, été synonymes (d'eau profonde) et répondant aux normes de potabilité. Ces eaux sont en effet moins sensibles aux pollutions accidentelles.

Les eaux souterraines peuvent aussi contenir des éléments à des concentrations dépassant largement les normes de potabilité. Ceci est dû à la composition du terrain de stockage. On peut citer Fe, Mn, H₂S

Les eaux souterraines doivent être traitées avant distribution toutes les fois que la concentration des éléments dépasse la valeur autorisée par les règlements en vigueur.

Parmi les caractéristiques de ces eaux :

- Une faible turbidité,
- Une température et une composition chimique constante,
- Une absence presque générale d'oxygène.

b) Eau de surface :

Ce terme englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents.

Sans traitement, les eaux de surface sont rarement potables. Elles sont généralement polluées bactériologiquement. De plus, elles peuvent présenter d'autres pollutions :

- D'origine urbaine : les rejets provenant de la collecte des E.R.U (métabolisme de l'homme, confort domestique), après leur traitement en station d'épuration.
- D'origine industrielle : polluants et micropolluants organiques ou inorganiques.
- D'origine agricole : engrais et produits pesticides et herbicides entraînés par les eaux de pluie et le ruissellement.

c) Eau de mer :

L'eau de mer est l'eau salée des mers et des océans, elle n'est pas potable, et en général ne doit pas être bue par les êtres humains. Le sel en est le responsable : si l'on boit de l'eau de mer, à long terme la quantité d'eau nécessaire pour éliminer ces sels devient supérieure à la quantité d'eau gagnée par absorption d'eau de mer.

2. Le cycle de production d'eau potable :



Figure N° 2 : le cycle de production d'eau potable

1- Captage :

L'eau destinée à la consommation provient du milieu naturel. Elle est plus souvent prélevée dans les nappes souterraines ou bien dans des cours d'eau. Les ressources utilisées pour l'alimentation en eau font l'objet d'une surveillance particulière afin de limiter les risques de distribution d'une eau de mauvaise qualité. Une fois prélevée, l'eau brute est refoulée vers une usine de traitement qui produit l'eau potable que nous consommons.

2- Production :

Selon l'origine, l'environnement, et les milieux que traverse cette eau, elle se charge en minéraux, polluants, et germes pathogènes, et une fois acheminée à l'usine, l'eau brute pompée subit des traitements physiques, chimiques et parfois biologiques. Afin que cette eau soit potable après être passée par plusieurs traitements (clarification, filtration, et désinfection), elle doit répondre à des paramètres définis par des normes bien justifiées.

3- Stockage :

Sous pression et dans des tuyaux enterrés, l'eau est acheminée de la station de production vers un réservoir (château d'eau ou réservoir souterrain). Le réservoir est essentiel pour que l'eau soit disponible à votre robinet 24h / 24h.

4- Distribution :

Le réseau public distribue l'eau potable jusqu'au pied des habitations. Après le compteur, le réseau public est transporté par les tuyaux privés jusqu'au robinet. Lors de la distribution, on fait une chloration qui permet à l'eau potable de faire ce voyage en toute sécurité pour la santé des consommateurs.

5- Consommation :

Comme toutes les eaux, en traversant les sols et les roches, l'eau du robinet s'est minéralisée : son goût, sa saveur, ses teneurs en sels minéraux (potassium, calcium,...) et en oligoéléments (bicarbonates, nitrates,...) varient selon sa région d'origine.

6- Collecte :

Les eaux usées sont recueillies dans des collecteurs pour être acheminées vers un réseau d'égouts. Ces réseaux sont entretenus rigoureusement pour éviter tout risque pour la santé publique et l'environnement.

7- Dépollution :

Après usage des eaux potable, elles sont conduites vers les stations d'épurations ou usines de dépollution pour se débarrasser de leur pollution grâce à des traitements sophistiqués, où elles seront rendues à la nature pour éviter la dégradation des cours d'eau.

8- Retour au milieu naturel :

L'eau dépolluée va être restituée au milieu naturel et va rentrer à nouveau dans le cycle éternel de l'eau. 90% des eaux sont rejetées dans les eaux continentales, 8% dans les eaux marines et 2% sont utilisées par exemple en irrigation.

3. Les sources d'eau potables à Fès

La nappe phréatique et les eaux superficielles du Sebou sont les réserves disponibles en eau potable. L'eau consommée à Fès a deux origines :



- L'eau potable de Fès est une eau souterraine à hauteur de 75%(forages, sources).
Les sources : telles que la source AIN CHKEF, source Bourkeiz, source Ain Barda.
- Le reste provient des eaux superficielles de l'Oued Sebou traitées par l'ONEE, cette eau de surface passe par différentes phases de traitements (dessablage, décantation, chloration...), sur le site de pompage au niveau de la station de traitement Ain Nokbi de l'ONEE, et sont ensuite acheminés dans des conduites jusqu'au réservoir de stockage de la RADEEF , Bab El Hamra.

Partie expérimentale



Chapitre I: Traitement de l'eau par chloration

1. La désinfection :

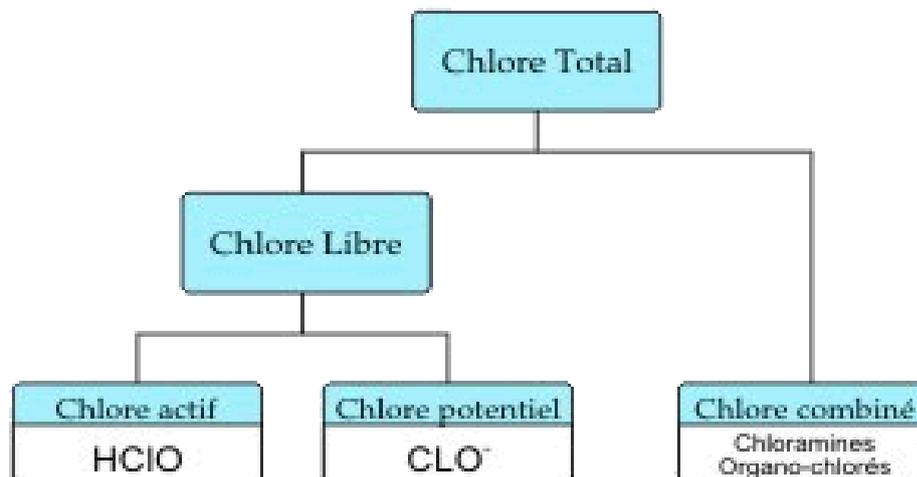
La désinfection a pour but d'éliminer les microorganismes pathogènes et de garantir l'absence de tout germe infectieux (bactéries ou virus) dans les eaux distribuées. Au contraire de la stérilisation, qui permet une destruction totale des germes présents, la désinfection peut laisser subsister quelques germes banals, sans risque pour la santé publique.

Cette réduction des germes peut être obtenue par des procédés d'enlèvements physiques, tels que la coagulation/floculation ou la filtration (sur sable, charbon actif...) ou encore par des procédés d'inactivation chimique, faisant appel à des réactifs chimiques, comme les oxydants (Chlore, ozone...) ou à différents molécules à caractère non oxydant. L'inactivation par rayonnement UV peut également être utilisée.

Au sein de la R.A.D.E.E.F, la chloration (l'ajout du chlore ou eau de javel) est le procédé utilisé pour la désinfection d'eau.

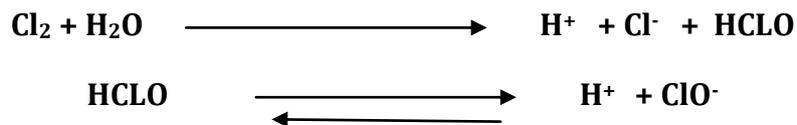
2. Le rôle du chlore dans la désinfection :

Le chlore est un produit chimique qui est employé pour s'assurer de la qualité de l'eau depuis la source jusqu'au point de consommation, il tue les microorganismes qu'elle contient après un temps d'action d'environ 30 minutes.

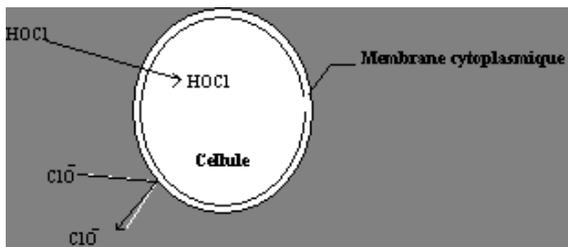


Dans l'eau, le chlore libre se trouve sous trois formes d'états en équilibre : l'acide hypochloreux (HOCl), l'ion hypochlorite (ClO⁻) et l'ion chlorure (Cl⁻).

Réactions d'équilibres de base :



C'est essentiellement l'acide hypochloreux qui est le composé le plus actif dans les mécanismes de la désinfection (l'ion hypochlorite est peu oxydant et peu bactéricide), c'est pourquoi il est aussi appelé "chlore actif"; il est majoritaire en milieu acide.



L'acide hypochloreux possède l'action biocide la plus efficace. En effet il ne porte pas de charge électrique et sa forme ressemble à celle de l'eau. La membrane cytoplasmique le laisse donc passer en même temps que l'eau, contrairement au

ClO⁻ qui ne pénètre pas du fait de sa charge négative. A l'intérieur de la cellule, l'HOCl bloque toute activité enzymatique, entraînant la mort de la cellule.

3. Détermination de degré chlorométrique des eaux de javel :

Principe :

Détermination de la quantité de chlore actif dans l'eau de javel.

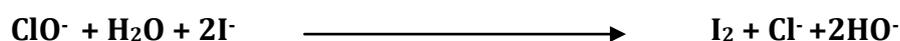
Les réactifs :

- Solution de KI à 2.767 g/l
- Bicarbonate de sodium pur
- Empois d'amidon

Mode opératoire :

- Introduire dans une fiole 10ml d'eau javel ;
- Ajuster à 100ml avec de l'eau distillée ;
- Agiter et prélever dans un erlenmeyer de 100ml, 10ml de cette solution ;
- Ajouter 3g de bicarbonate de sodium (NaHCO₃) pur et 2ml d'empois d'amidon ;
- Titrer à l'aide de solution de KI jusqu'au virage bleu ;
- Soit n le nombre de millilitres de solution de KI versé.

Expression des résultats :



$$\text{Degré chlorométrique} = V(\text{KI}) * 1.12$$

4. La demande en chlore :

Objectifs:

Déterminer la demande en chlore d'une eau permet d'évaluer le taux de chloration à appliquer à l'eau à traiter pour obtenir une teneur résiduelle en chlore donnée, après un temps de contact fixé et à une température donnée.

Principe :

Dans une série de flacons contenant un même volume d'eau à analyser, on ajoute des concentrations croissantes de chlore. La demande en chlore de l'eau est donnée par le premier flacon dans lequel on décèle la présence de chlore libre après un temps de contact déterminé.

Mode opératoire :

- Solution javellisante A : 40ml de javel : 1000ml d'eau distillé
- Solution javellisante B : 5ml de solution A : 50ml d'eau distillé
Dans une série de flacons bouchés numérotés
- Introduire 50ml d'eau à épurer ;
- Ajouter dans chacun des flacons à l'aide d'un compte gouttes normale tenu verticalement un nombre de gouttes de solution javellisante B correspondant au numéro de flacon ;
- Boucher hermétiquement et laisser 30 min au maximum ;
- En agitant au début, au milieu, et à la fin de l'expérience ;
- Prélever dans chacun des flacons 5ml et les introduire dans des tubes à essai numérotés, ajouter 5 gouttes de solution d'orthotolidine 0.1%
- Agiter et laisser au repos 5 min et effectuer les mesures au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 440 nm.

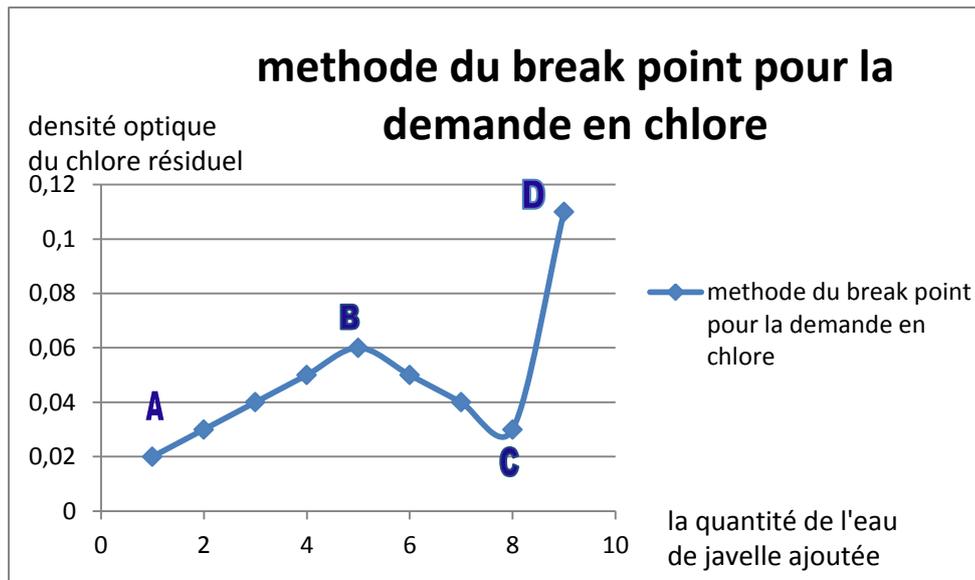
Expression des résultats :

Construire la courbe des teneurs en chlore résiduel en fonction de la quantité de solution javellisante ajoutée à chacun des flacons.

Cette courbe passe par un minimum pour stériliser un mètre cube d'eau avec teneur en chlore résiduel correspondant au " break point".

N° de flacons	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nombre de gouttes de B ajoutées	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Densité optique du chlore résiduel	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.05	0.04	0.03	0.11

Tableau N°1 : représente la densité optique du chlore résiduel en fonction de la quantité de l'eau de javelle ajoutée.



Courbe représentant la teneur en chlore en fonction de la quantité de la solution B ajoutée

Zone A : consommation rapide en chlore par les composés très réactifs.

Zone B : formation puis destruction des chloramines minérales.

Zone C : break-point (la quantité optimale et minimale pour désinfecter 1m³ d'eau).

Zone D : la formation du chlore résiduel libre.

5. Détermination du chlore résiduel :

Désigne le chlore qui demeure en solution après chloration, présent sous forme de chlore libre ou de chlore combiné ou les deux à la fois.

Mode opératoire :

On détermine la teneur du chlore libre dans l'eau à analyser par la méthode **DPD1**, où on additionne la diéthyl-p-phénylène diamine à l'eau contenant du chlore résiduel provoquant une coloration rose qu'on compare avec comparateur à disque coloré avec l'œil humain.



Chapitre II : Les analyses réalisées par le laboratoire analyses des eaux de la R.A.D.E.E.F.

1. Prélèvement des échantillons :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération à laquelle le plus grand soin doit être apporté. En effet, la bonne pratique du prélèvement va conditionner en grande partie la validité des analyses et donc l'interprétation qu'on peut faire. L'opérateur doit donc tout mettre en œuvre pour réaliser un prélèvement représentatif conforme à la finalité de la station observée, où le personnel qualifié doit développer une méthodologie adaptée à chaque cas, de procéder à un choix judicieux des points de prélèvement, d'utiliser le matériel convenable, et assurer la conservation et le transport adéquat des échantillons.

Il y a deux types de prélèvement :

- Les prélèvements réalisés pour effectuer les analyses physico-chimiques :
 - On utilise des flacons en plastique, on ouvre le robinet, et après 3min, on lave les flacons 3 fois par l'eau de robinet ;
 - On remplit les flacons jusqu'au bout ;
 - On les conserve à une température de 4°C.

- Les prélèvements réalisés pour effectuer les analyses bactériologiques :
 - Utilisation des flacons stériles ;
 - Flamber le robinet pendant au moins une minute ;
 - Ouvrir le robinet et laisser couler 3 à 5 minutes
 - Remplir le flacon jusqu'au bout sans le toucher avec le robinet ;
 - Fermer le flacon rapidement et soigneusement puis mettre une étiquette en identifiant le nom de la source et la date du prélèvement ;
 - Une conservation à une température de 4°C à l'obscurité suffisant dans la plupart des cas à préserver l'échantillon pendant une période relativement brève avant analyse.

Parallèlement au prélèvement, une mesure de la température est effectuée ainsi qu'une mesure de la concentration en chlore résiduel grâce à un disque comparateur visuel.

2. Les analyses physico-chimiques :

Les analyses physico-chimiques sont effectuées quotidiennement sur des prélèvements d'un réservoir et son secteur.

a) Les analyses organoleptiques :

Les paramètres organoleptiques sont les propriétés de l'eau telles que la couleur, odeur et saveur qui sont perceptibles par les organes sensoriels. Ces critères n'ont pas de valeur sanitaire directe. Une eau peut être trouble colorée ou avoir une odeur particulière et néanmoins être consommable.

1) Le gout :

L'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilités chimiques communes perçues lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche.

Cette mesure est basée sur la finesse du sens gustatif de l'opérateur. L'eau est diluée avec de l'eau sans gout (eau de référence). La dégustation est effectuée en commençant par les dilutions les plus grandes jusqu'à l'apparition du gout.

2) L'odeur :

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Ces substances sont en général en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence pour les détecter.

3) La couleur :

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité.

b) Les analyses physiques :

1) La température :

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels.

Mode opératoire : cette mesure doit être faite sur place, on utilise un thermomètre monté dans une gaine terminée par un petit réservoir afin que la température ne varie pas entre l'instant et l'instrument.

2) Le potentiel hydrogène pH :

Le pH-mètre est un appareil souvent électronique permettant la mesure du pH d'une solution aqueuse. Il est généralement constitué d'un boîtier électronique permettant l'affichage de la valeur et d'une électrode de verre permettant la mesure. Son fonctionnement est basé sur le rapport qui existe entre la concentration en ion H_3O^+ et la différence de potentiel électrochimique qui s'établit dans le pH-mètre une fois plongé dans la solution étudiée.



Mode opératoire : on lave l'électrode avec de l'eau distillée après chaque mesure, puis on met l'eau à analyser dans un bêcher, ensuite on immerge l'électrode du pH-mètre dans l'eau jusqu'à ce qu'elle soit trompée, et à la fin on lit la valeur affichée sur l'écran après stabilisation.

3) La turbidité :

La turbidité désigne la teneur d'un liquide en matières qui le troublent. Elle est causée par des particules en suspension qui absorbent, diffusent ou réfléchissent la lumière.

La turbidité est un facteur écologique important en matières fines ou colorantes en suspension. La pollution de l'eau qui cause éventuellement des épidermes et des maladies incurables. Elle est généralement mesurée à l'aide d'un turbidimètre et son unité est NTU ou FTU.



Mode opératoire : on remplit le tube avec l'eau à analyser, ensuite on lit la turbidité affichée.

4) La conductivité :

La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau. La conductivité est également en fonction de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température augmente.

L'unité de base de la conductivité électrique est le siemens/m(S/m) mais on préférera ici le $\mu S/cm$.



Mesurer la conductivité électrique de l'eau, c'est-à-dire sa capacité à transporter le courant électrique, soit sur le terrain, soit au laboratoire sur des échantillons d'eau prélevés sur le terrain.

Mode opératoire : on verse un échantillon de l'eau à tester dans un récipient adéquat, ensuite on plonge l'électrode dans l'échantillon d'eau on brassant l'eau avec l'électrode pour homogénéiser et à la fin on lit la valeur de la conductivité affichée après de sa stabilisation.

c) Les analyses chimiques :

1) Dosage des chlorures par la méthode de Mohr :

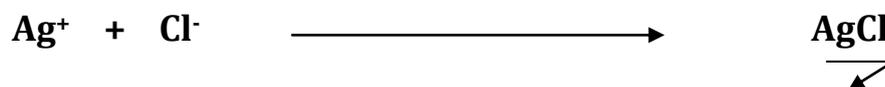
Définition :

Les chlorures sont présents dans l'eau en grande quantité. La teneur en chlorure (Cl⁻) d'une eau dépend de l'origine de l'eau et de la nature du terrain qu'elle traverse.

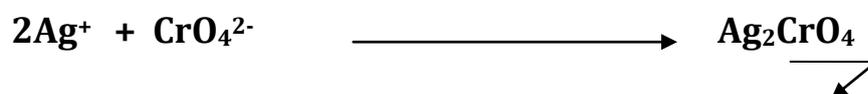
Principe :

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrates d'argent en présence de chromate de potassium, c'est un dosage volumétrique direct.

Dans un 1^{er} temps les ions chlorures de l'échantillon sont dosés par les ions Ag⁺ de la solution de nitrate d'argent. Il se forme un précipité d'AgCl.



Lorsque la totalité des ions chlorures à précipité sous forme d'AgCl, les ions Ag⁺ sont disponibles pour réagir avec l'indicateur utilisé. L'arrêt de la 1^{ère} réaction est donc mis en évidence par l'apparition d'une couleur rouge brique grâce à la réaction suivante :



Mode opératoire :

- Remplir la burette par la solution de nitrate d'argent(N/10) ;
- Introduire 50ml d'eau à analyser dans erlenmeyer ;
- Ajouter quelques gouttes de chromate de potassium comme indicateur coloré ;
- Doser le contenu d'erlenmyer avec la solution de nitrate d'argent jusqu'à l'apparition d'une coloration rouge brique.

2) Dosage des nitrites NO_2^- :

C'est un indice de pollution, la toxicité des nitrites est identique à celle des nitrates. Ils disparaissent vite en milieu naturel car il représente un stade intermédiaire.

Ce dosage de nitrites dans les eaux d'alimentation se fait par mesure spectrométrique.

Mode opératoire :

Pour une prise d'essai de 40ml

- Ajouter 1ml de réactif coloré;
- Agiter et laisser reposer 20min ;
- Lecture au spectromètre à longueur d'onde 540nm.

Le réactif coloré est préparé à partir de :

- 2g (d' amino-4 / benzène sel foramide) ;
- 5ml du H_3PO_4
- 25 ml d'eau distillée ;

On laisse dissocier complètement

- On ajoute 0.1g (N-1 naphtyl Diamine 1-2 Etane) Dichlorhydrate ;
25ml d'eau distillée.

Remarques : - la solution du réactif coloré est stable pendant 1 mois.

- la non-coloration rose signifie l'absence des nitrites.

La réaction mise en jeu :



3) Dosage des nitrates NO_3^- :

Les nitrates proviennent de la minéralisation de la matière organique : engrais, azotés, résidus animaux, fumiers, eaux usées domestiques, et les stations d'épurations.

Principe :

On dose les nitrates en présence de salicylate de sodium pour donner du paranitrosalicylate de sodium de couleur jaune. Ce composé peut être dosé par colorimétrie à longueur d'onde 450nm

Mode opératoire :

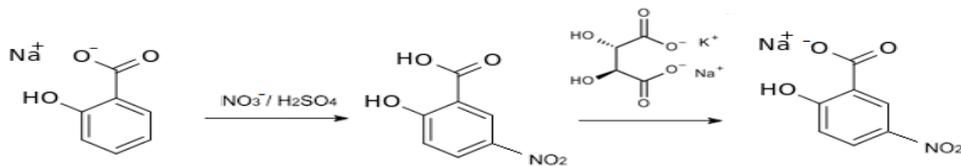
Pour une prise d'essai de 10ml

- Ajouter 1ml du salicylate ;
- Evaporer à sec à 80°C jusqu'à l'apparition d'un résidu sec ;
- Laisser refroidir, récupérer le résidu en ajoutant 2ml de H₂SO₄ concentré ;

Attendre 10 min ;

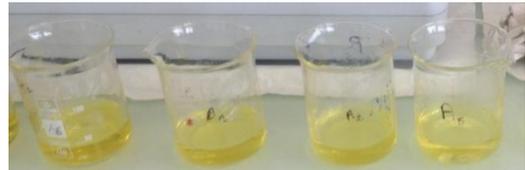
- Ajouter 15ml d'eau distillée et 15ml de tartrate double de sodium et de potassium ;
- Lire au spectromètre à longueur d'onde 450nm.

La réaction mise en jeu :



4) Dosage de l'ammonium NH₄⁺ :

La présence d'ammonium indique généralement une pollution d'origine organique. Une eau superficielle peut présenter des teneurs assez élevés en ammonium et en nitrites.



Principe :

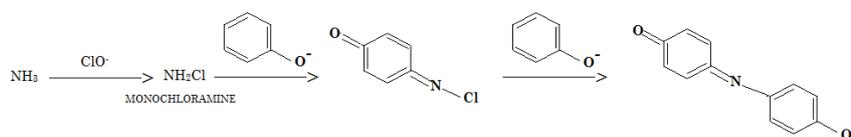
Le dosage est effectué par la méthode au bleu d'indophénol, qui consiste à traiter l'ammonium par une solution d'hypochlorite de sodium et de phénol, en milieu alcalin et en présence de nitroprussiate qui agit comme catalyseur à une longueur d'onde de 630nm.

Mode opératoire :

Pour une prise de 20ml de l'eau à analyser, on ajoute :

- 1ml de solution de nitroprussiate ;
 - 1ml de solution chlorée
- Agiter et placer les échantillons à l'obscurité pendant 6h au moins
- Effectuer la lecture au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 630nm.

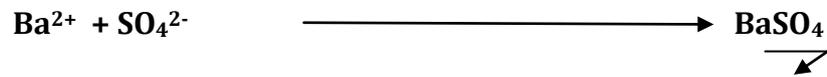
La réaction mise en jeu :



5) Dosage des sulfates SO_4^{2-} :

Principe :

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum (BaSO_4) selon la réaction suivante :



Mode opératoire :

Dans un tube introduire successivement :

- 39ml de l'eau à analyser + 1ml HCL(1/10) ;
- 5ml de la solution de chlorure de baryum stabilisé ;
- Préparer dans les mêmes conditions un tube témoin en remplaçant l'eau à analyser par l'eau distillée ;
- Agiter 2 à 3 fois énergétiquement. Après 15 min de repos agiter et faire la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde 650nm.

3. Les analyses bactériologiques :

L'objectif de ces analyses est de rechercher des espèces qui sont susceptibles d'être pathogènes, car l'eau potable ne doit contenir ni bactéries pathogènes, ni virus qui pourraient entraîner une contamination biologique.

1) Stérilisation du matériel :

Le matériel utilisé par ces analyses doit être stérilisé afin d'éliminer les divers micro-organismes présents et ce faisant transformer des produits non stériles en produits stériles. La méthode qu'on utilise souvent au laboratoire est la stérilisation par la chaleur humide, et par la chaleur sèche.

➤ **Stérilisation par la chaleur sèche :**

Le flambage : cette méthode est basée sur l'emploi du bec bunsen. Elle est utilisée pour la stérilisation extemporanée (pour l'utilisation immédiate) du matériel de manipulation.

Il faut signaler que toutes les manipulations d'ouverture de tube et boîtes de cultures devront être réalisées à côté de la flamme.



➤ **Stérilisation par la chaleur humide :**

L'autoclave : c'est un appareil très performant qui est indispensable dans une unité de microbiologie. Il est utilisé



pour stériliser les milieux de cultures, aussi pour stériliser tout autre matériel de microbiologie.

Le chauffage à lieu sous pression de vapeur d'eau à une température de 100°C à 130°C pendant une durée qui varie en fonction du milieu, de la température utilisée et du volume des récipients.

En milieu saturé d'humidité et sous pression, la stérilisation s'opère à des températures inférieures à celles qui sont nécessaires en milieu sec.

2) Les milieux de cultures :

Un milieu de culture est un support qui permet la culture des bactéries, des cellules afin de permettre leur étude. En principe les bactéries trouvent dans ce milieu les composantes indispensables pour leur multiplication en grand nombre rapidement, mais aussi parfois des éléments qui permettront de privilégier un germe bactérien ou une famille.

Il existe 3 milieux de cultures utilisés pour le dénombrement des bactéries :

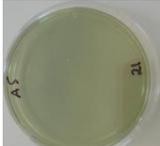
Les bactéries	Milieu de culture	Mode opératoire	T°d'incubation	Aspect du milieu
Les streptocoques fécaux	Slanetz	- dissoudre 16.8g dans 400ml d' distillée ; -porter à ébulli jusqu'à dissolu complète.	37°C	
Les coliformes totaux et fécaux	Tergitol	-dissoudre 2.46g dans 400ml d' distillée ; -porter à ébulli jusqu'à dissolution -stériliser à l'autoclave pendant 15 min ; -ajouter 2 ou 3 ml Par 1000l de TTC.	-Les coliformes Totaux : 37°C -Les coliformes fécaux : 44°C	
Les germes totaux	Gélose nutritive	-mettre en suspension 9.2g milieu déshydraté dans 400ml d' distillée ; -mélanger et chau jusqu'à ébulli pendant 1 à 2 jusqu'à dissolution du produit ; -stériliser à l'autoclave à 80°C.	37°C ----- 44°C	

Tableau N°2 : les milieux de cultures utilisés pour le dénombrement des bactéries.

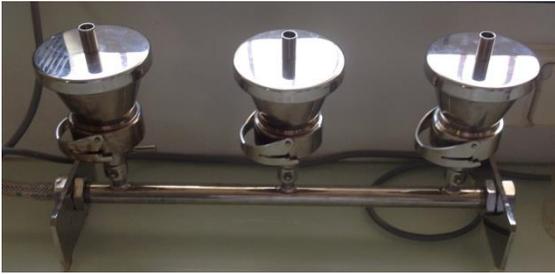
3) Les bactéries recherchées :

Nous avons effectué pendant ce stage la recherche systématique des germes indicateurs de pollution qui sont :

- Les coliformes totaux : constituent un groupe des bactéries que l'on retrouve fréquemment dans l'environnement, par exemple dans le sol ou la végétation, ainsi que dans les intestins des mammifères, dont les êtres humains. Leur présence dans l'eau indique une pollution fécale et une contamination potentiellement dangereuse par des bactéries pouvant causer des maladies.
- Les coliformes fécaux : proviennent des intestins et des excréments des humains et des animaux à sang chaud. La présence de ces bactéries dites pathogènes et très risqué pour la santé des humains et des animaux. L'absorption d'une eau infectée de coliforme fécaux peut entraîner des maladies très graves et dans certains cas, peut causer la mort. la bactérie E-coli appartient à cette catégorie de coliformes.
- Les streptocoques fécaux : s'apparentent aux coliformes fécaux, elles sont donc des bactéries pathogènes c'est-à-dire dangereuses pour la santé. Presque toujours reliées à la contamination fécale, les streptocoques fécaux résistent beaucoup aux substances aseptiques qui devraient empêcher leur croissance. Certains streptocoques peuvent se transformer en germes initiateurs de plusieurs maladies telles que les angines, les otites, les méningites, etc...
- Les germes totaux : la recherche des micro-organismes aérobies non pathogènes permet de dénombrer les bactéries se développant dans des conditions habituelles de culture. Ces germes n'ont pas d'effets directs sur la santé mais sous certaines conditions, ils peuvent générer des problèmes. Ce sont des indicateurs qui révélant la présence possible d'une contamination bactériologique.

4) Les méthodes employées en analyses bactériologiques :

✚ Filtration sur membrane :



Un volume d'eau mesuré précisément est filtré à travers une membrane filtrante, dont les pores ne laissent pas passer les bactéries. Celle-ci, après filtration sont retenues sur la membrane, cette dernière est déposée sur les milieux préparés

(Slanetz, Tergitol).chaque bactérie retenue sur la membrane donne naissance à une colonie après incubation de 48h à l'étuve. Les colonies sont ensuite dénombrées et l'on connaît ainsi le nombre des bactéries présentes dans l'échantillon.

→ Cette méthode est utilisée pour mettre en évidence les coliformes Totaux, fécaux et les streptocoques fécaux.

✚ Ensemencement en profondeur :

Elle consiste à mélanger dans une boîte de pétri 1ml d'échantillon d'eau potable et un volume de 15ml de gélose

→ Cette méthode est utilisée pour mettre en évidence les germes totaux.

Résultats et interprétations

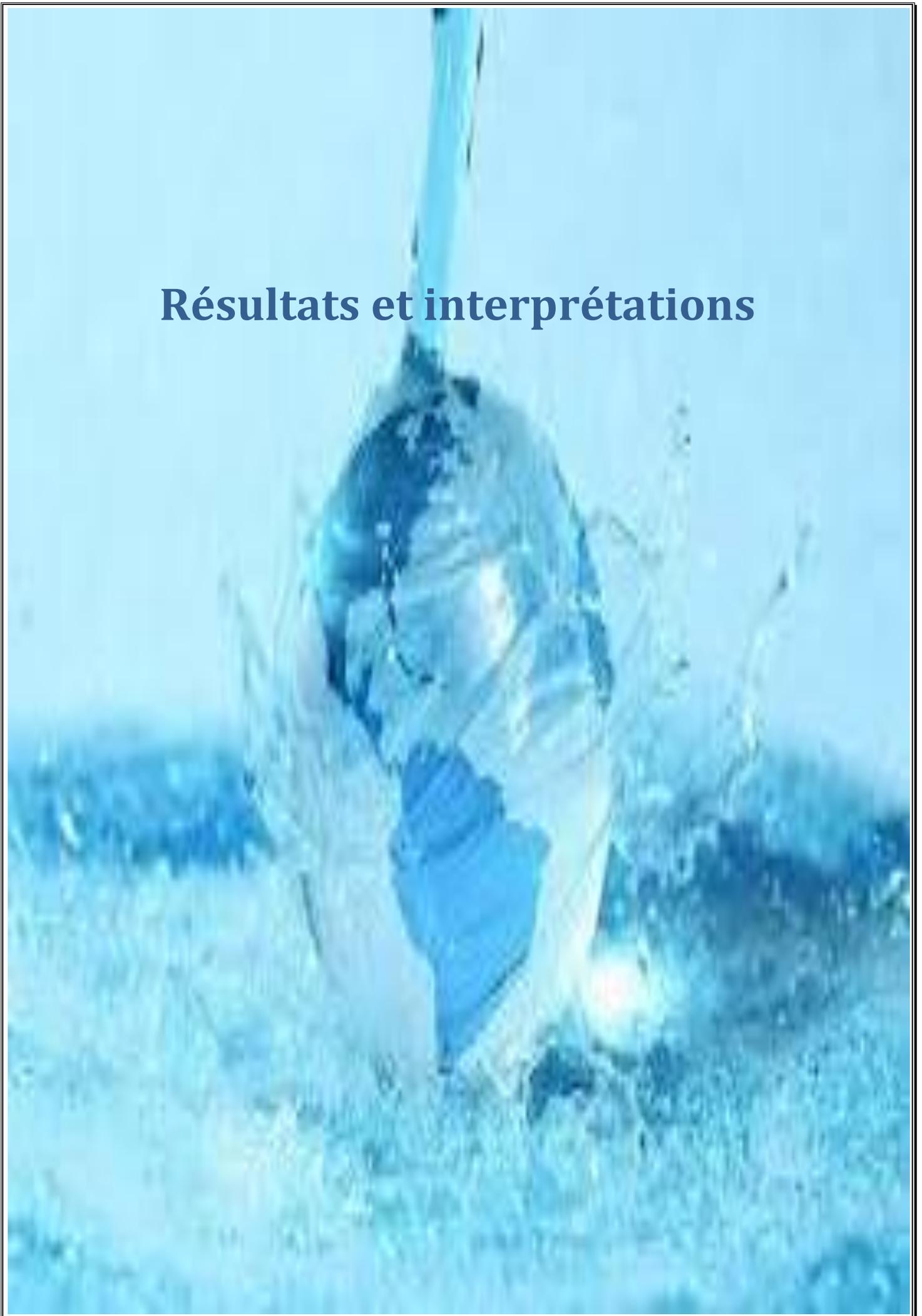
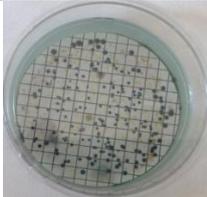
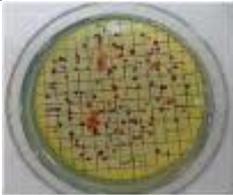
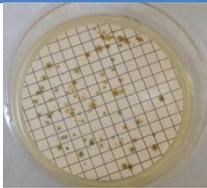
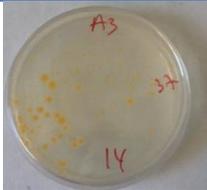


Tableau N°3 : Les résultats d'analyse physico-chimique de la source AIN CHKEF.

	<u>Echantillon AIN CHKEF brute</u>	<u>Echantillon AIN CHKEF chloré</u>	<u>Normes</u>
Odeur	Absence	Absence	3
Gout	Absence	Absence	3
Couleur	<5	<5	20
Température (°C)	18.5	19	25
Potentiel hydrogène (pH)	7.74	7.05	6.5>pH<8.5
Turbidité (NTU)	0.471	0.463	5
conductivité (µS/cm)	712	714	2500
Chlorures (mg /l)	85.2	99.4	750
Nitrites (mg/l)	-0.16	-0.19	0.5
Nitrates (mg /l)	10.41	10.98	50
Ammonium (mg /l)	0	0	0.5
Sulfates (mg /l)	2.66	3.93	400
Le chlore résiduel (mg /l)	0	0.4	[0.1-1]

Tableau N°4 : Les résultats d'analyse bactériologique :

	Echantillon d'AIN CHKEF brute	Echantillon d'AIN CHKEF chloré	Aspect des résultats (des échantillons bruts)	Normes
Les coliformes totaux	36	0		0/1000ml
Les coliformes fécaux	8	0		0 /1000ml
Les streptocoques fécaux	11	0		0 /1000ml
Les germes totaux à 37°C	24	2		20/1ml
Les germes totaux à 22°C	40	1		100/1ml
Conclusion	Eau non potable	Eau potable		

Interprétation des résultats :

Partie physico-chimique :

D'après le tableau des résultats des analyses physico-chimique réalisés sur la source d'AIN CHKEF on peut déduire que :

- Cette source est inodore, incolore et sans saveur due à l'absence des produits chimiques ainsi d'algues planctoniques et d'organismes aquatiques.
- La température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé de l'homme. Dans le cas étudié elle est inférieure à 25°C, donc elle ne peut pas favoriser le développement des microorganismes dans les canalisations.
- Le potentiel hydrogène (pH) est un élément important pour définir, le caractère agressif d'une eau. La chloration diminue le potentiel d'hydrogène.
- la valeur de la turbidité est faible, ce qui explique la présence d'une faible quantité des matières fines en suspension.
- La conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau. Dans le cas étudié on a une conductivité inférieure à 1000 μ S/cm ce qui correspond à une minéralisation moyenne.
- La quantité d'azote et ses dérivés (nitrates, nitrites, azote ammoniacal) est très faible, ce qui permet de déduire que l'eau de la source AIN CHKEF est très pauvre en matières azotées.
- La présence du chlore résiduel dans l'échantillon chloré signifie que l'eau est désinfectée, la quantité du chlore injecté permis d'éliminer tous les microorganismes pathogènes.

Donc on peut déduire que tous les éléments chimiques analysés de la source AIN CHKEF, présentent bien des valeurs inférieures à celles des normes marocaines admissibles.

→ De point de vue physico-chimique, les résultats des analyses réalisées sur l'eau de la source AIN CHKEF révèlent qu'elle est de bonne qualité et qu'elle obéit aux exigences de la norme marocaine.

Partie bactériologique :

Les résultats d'analyse bactériologique confirment la présence des :

- Coliformes (totaux et fécaux) ;
- Streptocoques fécaux ;
- Germes totaux.

→ Les analyses bactériologiques ont montrés que l'eau de la source AIN CHKEF doit être subir un traitement par la chloration avant de la consommer. Donc les effets de la chloration consistent dans la destruction des microorganismes pathogènes (expl :E-coli) qui peuvent causer des maladies hydriques comme (diarrhée, typhoïde, choléra...).

CONCLUSION



Une eau destinée à l'alimentation humaine ne doit contenir aucun germe pathogène, d'une part, d'autre part il faut que les paramètres physico-chimiques mesurés respectent la norme marocaine.

L'objectif de ce travail est de connaître les effets de la chloration sur l'eau, pour cela nous avons réalisé des analyses physico-chimiques et bactériologiques avant et après chloration.

Après avoir réalisé ces analyses sur la source AIN CHKEF, on peut déduire que l'eau de cette source ne peut pas être consommée par l'Homme sans la traiter.

ce stage, m'a permis non seulement d'approfondir mes connaissances dans le domaine de contrôle de qualité de l'eau et les procédés de traitement utilisés dans la station mais aussi d'acquérir une expérience extrêmement valorisante d'un point de vue personnel et dans la mesure où il reflète parfaitement le domaine dans lequel j'aimerais poursuivre mes études. Il estime que j'ai eu de la chance d'avoir pu effectuer ce stage entouré de personnes compétentes qui ont su me guider dans mes démarches tout en me laissant une certaine autonomie.

“ l'eau est un bien précieux, il faut savoir le préserver”

Les références

➤ **Les références bibliographiques :**

- l'analyse de l'eau 8^{eme} édition de Jean RODIER.
- l'analyse de l'eau 9^{eme} édition de Jean RODIER.